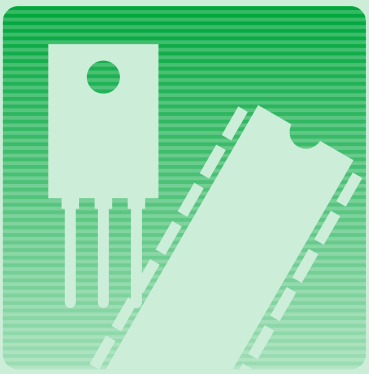
电子元件



半导体
磁盘媒体

展望

半导体

受全世界能源需求扩大，和 CO_2 减排等环保目的的节能・创能意识不断提升的影响，功率半导体不仅被用于工业设备及家电产品，在汽车、太阳能发电、风力发电等领域的用途也得到拓展。富士电机不断开发出能源转换效率高，噪音低且便于使用的功率半导体产品，为社会作出贡献。

IGBT 是功率半导体的代表性产品。IGBT 于 20 世纪 80 年代开发而成，之后，随着低损耗化及高散热等技术创新而不断更新换代，目前富士电机的最新 IGBT 已经是第 7 代产品。此外，使用 SiC（碳化硅）作为替代硅的新时代半导体材料推动产品开发，最终开发出使用第 1 代沟槽型 MOSFET 的 All-SiC 模块。

针对工业领域及环境能源领域，使用最新的第 7 代 IGBT 技术开发出 1700 V 耐压的大容量 IGBT 模块。除了封装与传统产品兼容的产品系列外，还开发出以高散热、低电感、高可靠性为特点的新型封装“HPnC”(High Power next Core) 作为一个产品系列。HPnC 凭借其特点可适用于电气铁路领域，今后还将利用本产品不断开拓电气铁路市场。

同时，开展 IGBT 和 FWD 的技术创新，开发出 RC-IGBT。RC-IGBT 芯片是将 IGBT 芯片与 FWD 芯片一体化而成，可提高模块封装的最大额定电流，因此可以扩大工业领域中的产品系列。

在电装领域，为了推动随着电子控制化深入发展而大规模化的控制单元 (ECU) 的小型化，采用第 4 代 IPS 技术开发出车载用高压侧二合一的 IPS“F5114H”。在外形尺寸与 SOP-8 封装相同的 SSOP-12 封装中安装 2 个与旧型号产品相同功能的芯片，以与单通道产品相同的安装面积实现了双通道。另外，针对车载用 DC/DC 转换器及充电器，将实现高效率功率转换的车载用第 2 代 SJ-MOSFET“Super J MOS S2A 系列”成功产品化。本产品依据车载产品可靠性规格 AEC-Q101，进一步降低以单位面积标准化的导通电阻，改善关断时的开关损耗与电压尖峰的均衡特性，在降低损耗的同时，提高了产品的易用性。此外，富士电机在用于混合动力汽车、电动汽车等马达驱动的车载 IGBT 领域中，正采用上述 RC-IGBT 技术和富士电机独创的直接水冷结构来推动产品系列化。

在分立器件产品方面，针对 UPS 及太阳能发电用 PCS，已将能实现高效率电力转换的 TO-247-4L 封装的“High-Speed W 系列”成功产品化。本产品采用 4 个端子，可减小驱动电路的发射极共模电感及栅极 - 发射极电路的配线电感，因而可大幅降低开关损耗。同时，为满足电源电路低负载时的高效率、降低待机耗电及削减系统成本等市场要求，已将改善功率因数的临界模式 PFC 控制 IC“FA1A60N”和进行软开关控制的 LLC 电流共振控制 IC“FA6B20N”成功产品化，并用于高效率电源。这些产品通过协作动作来自动切换动作模式，以 AC85～264 V 的大范围输入电压大幅改善低负载时的效率，并降低待机耗电，从而可削减零部件数量。富士电机今后将继续开发环保型功率半导体产品，不断为实现安全、安心、可持续发展的社会作出贡献。

磁盘媒体

IoT 时代到来后，预计全世界的信息量将飞速增加，硬盘驱动器 (HDD) 作为大容量低价格的存储器有望继续发挥重要作用。富士电机在 HDD 用磁性记录媒体方面，在 2016 年开始量产行业最高单个记录容量 1 TB 的 2.5 英寸媒体，以及单个记录容量 1.33 TB 的近线服务器用 3.5 英寸媒体。富士电机今后还将继续开发并提供满足市场要求的媒体产品，从而为 IT 社会的发展作出贡献。

半导体

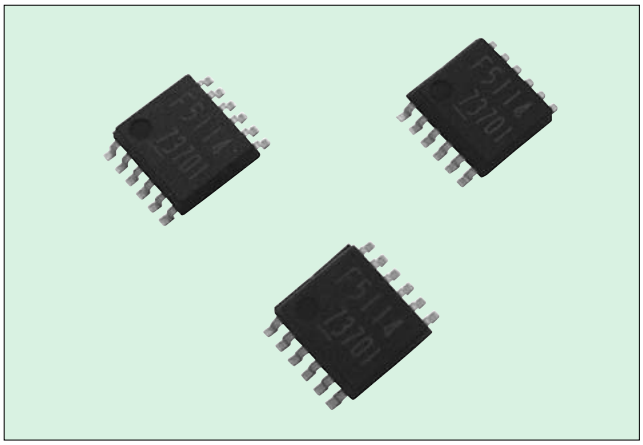
1 车载用高压侧型 2 in 1 IPS“F5114H”

富士电机受到汽车电装领域要求半导体小型化高可靠性化的影响，以进一步小型化为目的使用第 4 代 IPS 的工艺及器件技术，开发出车载用高压侧型 2 in 1 IPS “F5114H”。

在外形尺寸与 SOP-8 封装相同的 SSOP-12 封装中安装 2 个与旧型号产品具有相同功能的芯片，其功能包括过电流保护功能、过热保护功能、负载开放检测功能、低电压检测功能。各芯片使用引脚框架进行分离，可独立动作，其中一个通道发生异常时，不会妨碍另一个通道的动作。另外，采用可在高温环境下使用的高可靠性引线，确保对元件及高温环境下的可靠性。

相关论文：富士电机技术期刊 2017, vol.C9, no.1, p.41

图 1 “F5114H”



2 高效率电源用 LLC 电流共振控制 IC“FA6B20N”

在输出电力超过 100 W 的电源中，为了要求其提高效率，并降低系统成本，广泛使用能进行有效降低干扰的软开关控制的 LLC 电流共振电路。富士电机开发出 LLC 电流共振控制 IC “FA6B20N”，其支持 AC85～264 V 的大范围输入电压，可进一步改善低负载时效率，并减少零部件数量。使用这些 IC 的电源的特点如下所示。

⑴ 与功率因数校正（PFC）控制 IC “FA1A60N” 联动，提高了包括低负载时 PFC 电路在内的电源整体的效率（输出电力 5 W 时的效率 75%）。

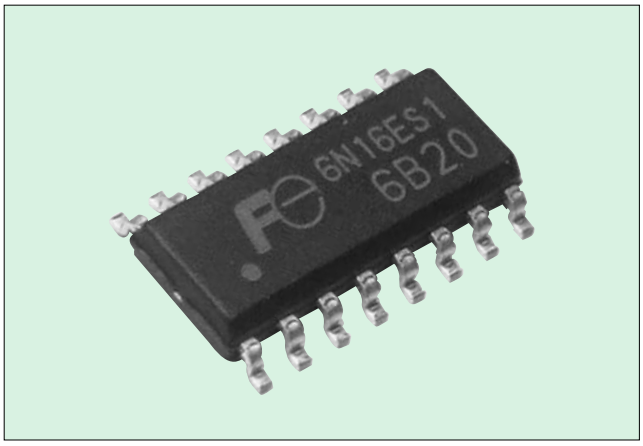
⑵ 降低了待机状态的消耗功率。

⑶ 可在低输入电压时进行重负载启动。

⑷ 自动切换正常状态和待机状态。

相关论文：富士电机技术期刊 2017, vol.C9, no.1, p.49

图 2 “FA6B20N”



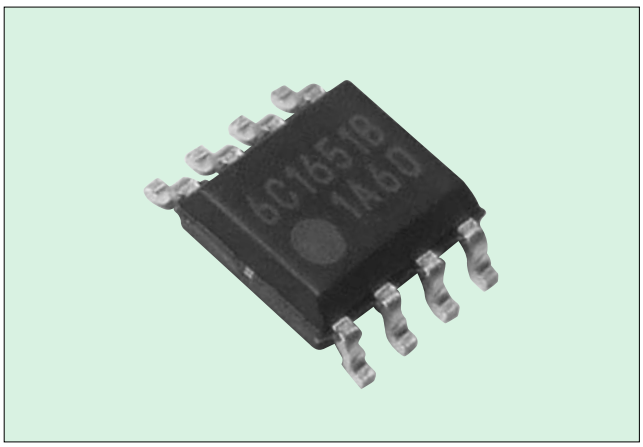
3 高效率电源用临界模式 PFC 控制 IC“FA1A60N”

电子设备中被广泛使用的容量较大的开关电源需要用于抑制高次谐波电流的功率因数校正（PFC）电路。富士电机开发出临界模式 PFC 控制 IC “FA1A60N”，其提高了电源的低负载时效率，并降低了待机耗电。除了具有过去在低负载时提高效率的底部跳过功能（最大频率限制）外，还利用在待机状态下有意识地设置开关停止时间的脉冲串功能，在维持 PFC 输出电压的前提下进一步降低待机耗电。此外，利用与 LLC 电流共振控制 IC “FA6B20N” 的联动功能进行与输入电压信息相应的脉冲串动作，从而可降低待机耗电的 AC 输入电压依赖性，并进一步提高电源特性。其主要特点如下：

○ PFC 部效率 90.4%（AC100 V、5 W 负载时：过去 77.4%）

相关论文：富士电机技术期刊 2017, vol.C9, no.1, p.49

图 3 “FA1A60N”



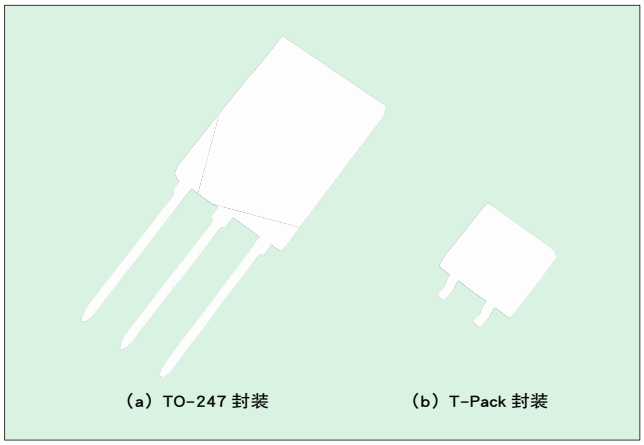
半导体

4 车载用第 2 代 SJ-MOSFET “Super J MOS S2 A 系列”

富士电机开发出车载用第 2 代 SJMOSFET “Super J MOS S2 A 系列”，作为适用于车载用 DC/DC 转换器及充电器的功率 MOSFET。本产品与过去相比将单位面积的导通电阻降低了 25%，同时将关断时的浪涌电压降低了 5%（斩波电路中栅极电阻为 2Ω 时）。如此与旧型号产品相比损耗低且便于使用。另外，依据车载品可靠性规格 AEC-Q101，还拥有以下产品系列，可适应多样化要求。

⑴ 耐压：400 V、500 V、600 V
⑵ 导通电阻：25.4 ～ 160 mΩ（600 V 耐压品）
⑶ 封装：TO-247、T-Pack

图4 “Super J MOS S2A 系列”

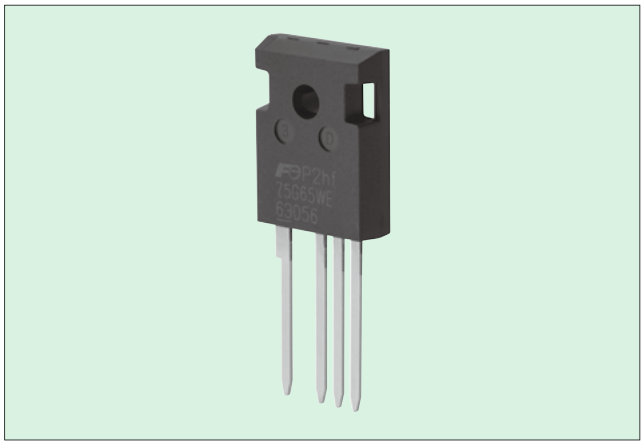


5 TO-247-4L 封装的高速分立器件 IGBT “High-Speed W 系列”

近年来 UPS、PCS 迫切要求设备高效化。针对这些设备，富士电机开发出增加了子发射极端子 TO-247-4L 封装的高速分立器件 IGBT “High-Speed W 系列”。与过去的 TO-247 封装品相比，可大幅降低开关损耗。其主要特点如下：

⑴ 减少发射极共模电感
⑵ 通过降低栅极 – 发射极回路的配线电感来降低开关损耗
⑶ 关断损耗：约降低 15%（与 TO-247 相比）
⑷ 接通损耗：约降低 55%（与 TO-247 相比）
⑸ 额定电压及电流：650 V/50 A、75 A、1200 V/40 A

图5 “High-Speed W 系列”(TO-247-4L 封装)

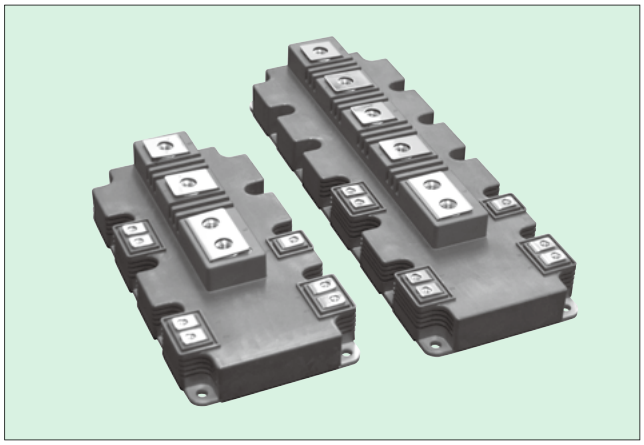


6 第 7 代 “X 系列” 1700 V 大容量 IGBT 模块

产业基础设施领域中所使用的高压大容量变频器及风力发电系统等功率转换装置对大容量 IGBT 模块的需求不断扩大。在第 7 代 “X 系列” IGBT 模块系列中，富士电机开发出额定电压 1700 V 的大容量 IGBT 模块。

本产品通过改善半导体芯片特性来降低电力损耗，通过使用新开发的高散热绝缘基板来大幅降低热阻，从而将过去技术难以实现的最大额定参数 1700 V/1800 A 成功產品化。此外，通过提升 ΔT_j 功率循环耐量和绝缘用硅胶的耐热性，将连续运行保证温度从过去的 150 ℃升高到 175 ℃。如此可满足小型化、低损耗化、高可靠性化的要求。

图6 第 7 代“X 系列”1700 V 大容量 IGBT 模块



半导体

7 大容量 IGBT 模块用封装“HPnC”

近年来，为满足功率转换装置进一步高电流密度化和高效化的要求，富士电机开发出新型封装“HPnC”(High Power next Core)，用作电气铁路领域及可再生能源（太阳能发电、风力发电）领域的大容量模块。HPnC 的特点如下，即运用第 7 代芯片技术实现芯片的低损耗化，并将 T_{jop} 控制在 175 ℃。同时，在封装技术方面通过使用 AlN 绝缘基板实现了高散热。而且，通过运用层压结构的主端子结构将内部电感降低到 10 nH，实现了高速开关化。另外，还可通过超声波端子接合支持 RoHS。运用这些技术后，与过去的“HPM”相比，将实现了 12% 的电流密度增加和高效化。

图 7 “HPnC”

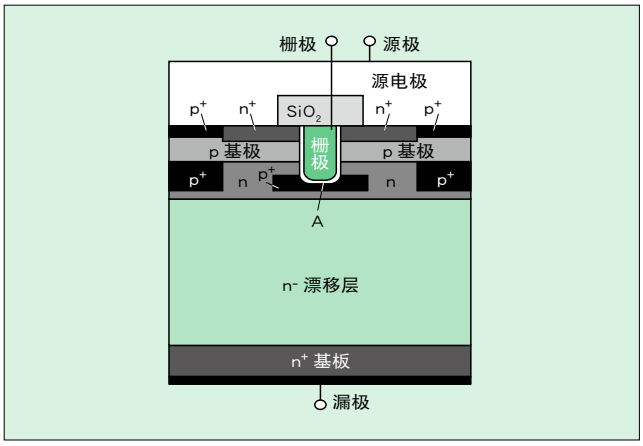
8 6 英寸 SiC 沟槽型栅 MOSFET

相关论文：富士电机技术期刊 2017, vol.C9, no.1, p.3

富士电机使用 6 英寸 SiC（碳化硅）基板，开发出进一步降低运行时导通电阻的沟槽型栅结构的 SiC-MOSFET。额定 1200 V 的沟槽型栅 SiC-MOSFET 与过去的平面型栅极结构产品相比，更加微细化，镶边网格尺寸可缩小到大约一半，单位面积的导通电阻可大约降低 50%。所开发的沟槽型栅 SiC-MOSFET 用 p 型扩散层覆盖沟槽底的栅极氧化膜（图中 A）。采用该结构可缓和施加逆向电压时在栅极氧化膜中产生的电场，提高栅极氧化膜的可靠性。

2017 年度计划开发更高耐压的额定 1700 V 和额定 3300 V 的沟槽型栅 SiC-MOSFET。

图 8 SiC 沟槽型栅 MOSFET 的截面结构



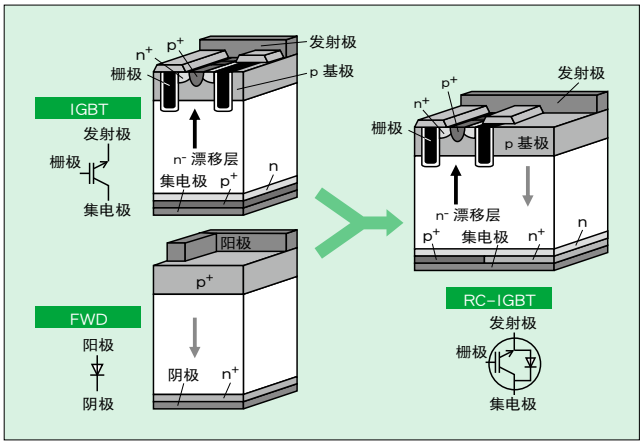
9 产业用 RC-IGBT 芯片

相关论文：富士电机技术期刊 2017, vol.C9, no.1, p.23

富士电机为增大 IGBT 模块的额定电流，而开发出将 IGBT 芯片和 FWD 芯片一体化的 RC-IGBT 芯片。通过使用本芯片，开发出第 7 代 IGBT 模块无法实现的额定电流产品，可安装在比过去更小一级的封装上。

在 1200 V 耐压元件方面，富士电机为了将芯片尺寸与现有第 7 代 IGBT 芯片和 FWD 芯片相比缩小 25%，而确立了晶片背面的光刻法技术，对 IGBT 部和 FWD 部的图案及间隔进行最优设计，并确立了对 RC-IGBT 芯片最优的寿命控制方法。如此能够将相同封装中的最大额定电流提高 20%。

图 9 RC-IGBT 芯片的截面图



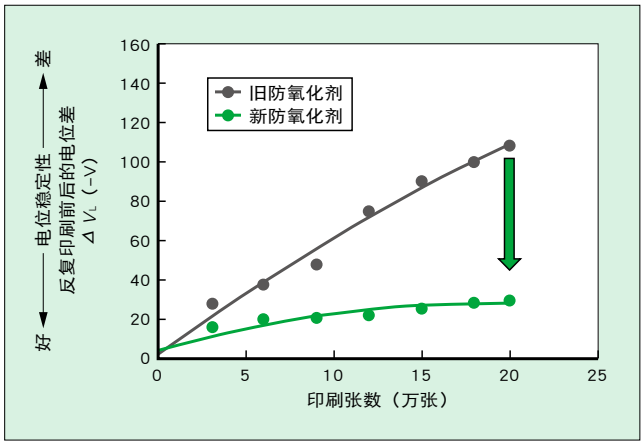
半导体

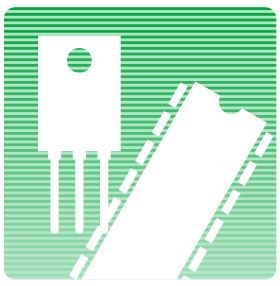
10 负带电型高功能有机感光体

电子照相打印机和复印机在高速化发展的同时，免维护下的长寿命化也在不断发展。核心部件感光体要求具备高响应性、高耐磨性，但是与高响应性相关的电荷传输材料受放电生成物的影响，电位运动容易变得不稳定。

富士电机不断开发可长期使用且电位运动稳定的负带电型高功能有机感光体。感光体表面受带电部件产生的放电物质的影响而被氧化，因此富士电机着眼于适用于表面层的电荷传输材料结构的同时，在考虑相容性的基础上来选择防氧化剂的结构，并使添加量最优化。如此可成功大幅度改善电位运动。

图10　利用防氧化剂提高电位稳定性





富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。